

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanaman Pisang**

Berdasarkan Soenarjono (1998), pisang (*Musa paradisiaca*) adalah tanaman buah berupa herba yang berasal dari kawasan di Asia Tenggara (termasuk Indonesia) (Irma *et al.* 2010). Tanaman buah ini kemudian menyebar luas ke kawasan Afrika (Madagaskar), Amerika Selatan, dan Amerika Tengah. Penyebaran tanaman ini selanjutnya hampir merata ke seluruh dunia, yakni meliputi daerah tropik dan subtropik dimulai dari Asia Tenggara ke timur Lautan Teduh sampai ke Hawaii, dan menyebar ke barat melalui Samudra Atlantik, Kepulauan Kanari, sampai Benua Amerika (Suyanti & Supriyadi 2008).

Pisang (*Musa paradisiaca*) merupakan salah satu jenis buah-buahan tropis yang tumbuh subur dan mempunyai wilayah penyebaran merata di seluruh wilayah Indonesia (Martiningsih, 2007), Pisang raja (*Musa paradisiaca* var. Raja) atau pisang raja bulu rasanya manis, dan aromanya kuat. Keunggulan pisang raja adalah pisang ini dapat digunakan sebagai buah meja, dimana pisang dapat dimakan langsung setelah masak, maupun menjadi bahan baku produk olahan, serta sebagai buah segar, pisang raja memiliki nilai ekonomis yang tinggi terutama di pulau Jawa. Pisang raja juga cocok untuk diolah menjadi sari buah, dodol dan sale (Suyanti & Supriyadi, 2008).

Tanaman pisang yang utuh memiliki bagian-bagian yang penting diantaranya daun, batang, buah, jantung, dan bagian umbi atau bonggol pisang. Bagian – bagian tersebut memiliki berbagai macam manfaat misalnya saja, buah pisang sebagai sumber berbagai macam mineral dan vitamin yang bermanfaat bagi manusia.



**Gambar 1.** Pisang raja (Prabawati, dkk, 2008)

Taksonomi Pisang Raja (*Musa paradisiaca* var. Raja) Berdasarkan taksonominya, tanaman pisang raja (*Musa paradisiaca* var. Raja) diklasifikasikan sebagai berikut (Plantamor, 2008):

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Musales
Famili	: Musaceae
Spesies	: <i>Musa paradisiaca</i> var. Raja

Kandungan mineral dan vitamin yang berperan antara lain kalium, magnesium, fosfat, besi, vitamin C dan B kompleks yang aktif sebagai neurotransmitter dalam kelancaran fungsi otak. Daun pisang biasa digunakan sebagai pembungkus bahan makanan, karena dengan membungkus makanan menggunakan daun pisang akan menambahkan cita rasa dalam makanan tersebut misalnya tempe. Bunga pisang yang masih segar (jantung pisang) bisa dijadikan makanan sebagai sayur. Buah pisang enak dimakan secara langsung, bisa dijadikan selai pisang yang daya awetnya tinggi dan dapat menghasilkan uang yang lebih serta juga bisa dibuat tepung pisang dari buah yang tua yang belum masak. Kulit buah pisang bisa untuk makanan ternak, selain itu bisa untuk menghasilkan alkohol yaitu etanol karena mengandung gula yang mempunyai aroma yang menarik.

## 2.2 Kandungan Kimia Kulit Pisang

Kulit pisang merupakan sumber yang kaya pati (3%), protein kasar (6-9%), lemak kasar (3,8-11%), serat makanan total (43,2-49,7%), dan asam lemak

ganda tak jenuh (PUFA), terutama asam linoleat dan  $\alpha$ -linolenat, pektin, asam amino esensial (leusin, valin, fenilalanin dan treonin) dan mikronutrien (K, P, Ca, Mg). Kulit pisang juga merupakan sumber yang baik dari lignin (6-12%), pektin (10-21%), selulosa (7,6-9,6%), hemiselulosa (6,4-9,4%) dan asam galakturonat. Pektin yang diekstrak dari kulit pisang juga mengandung glukosa, galaktosa, arabinosa, rhamnosa, dan xilosa. Mikronutrien (Fe dan Zn) ditemukan dalam konsentrasi tinggi pada kulit dibandingkan pada *pulp*. Sehingga, kulit bisa menjadi bahan pakan yang baik untuk ternak dan unggas. Kulit pisang juga dapat digunakan dalam minuman anggur, produksi etanol, sebagai substrat untuk produksi biogas dan sebagai bahan dasar untuk ekstraksi pektin. Abu kulit pisang dapat digunakan sebagai pupuk untuk tanaman pisang dan sebagai sumber alkali untuk produksi sabun (Mohapatra, *et al.*, 2010). Adapun kandungan dari kulit buah pisang raja sebagai berikut. Komposisi kulit pisang raja dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1. Komposisi Kulit Pisang Raja (per 100 gram)**

Komponen Proksimat	Nilai	Konsentrasi %b/b
Energi	116,0 Kkal	-
Air	67,30 g	67,30
Protein	0,79 g	0,79
Total Lemak	0,18 g	0,18
Karbohidrat	31,15 g	31,15
Serat	2,30 g	2,30
Ampas	0,58 g	0,58

Sumber : Dwi Andriani (2015)

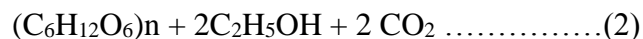
### 2.3 Bioetanol

Pembuatan etanol dapat dilakukan dari bahan yang mengandung glukosa. Glukosa pada makhluk hidup terdapat dalam bentuk polimer seperti pati, selulosa dan oligosakarida. Polisakarida dan oligosakarida dipecah menjadi molekul monosakarida dan oligosakarida dapat dilakukan dengan dua cara yaitu hidrolisis asam dan hidrolisis enzim. Proses hidrolisis asam dapat menggunakan beberapa jenis asam yang sudah banyak diteliti, antara lain HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan HNO<sub>3</sub>. Proses

hidrolisis pati secara enzimatik terdiri dari dua tahap yaitu liquifikasi dengan  $\alpha$  – amilase dan agar dapat dipergunakan oleh khamir menjadi etanol. Proses pemecahan polisakarida, sakarifikasi menggunakan aminoglikosidase. Reaksi yang terjadi pada proses produksi etanol secara sederhana dibagi menjadi dua tahap yaitu (1) pemecahan komponen polisakarida menjadi komponen monosakarida (pemecahan sempurna) dan komponen oligosakarida yang dapat dilakukan secara enzimatik maupun secara kimiawi. Proses pemecahan tahap pertama ditunjukkan pada persamaan reaksi 1.



(2) pengubahan komponen monomer glukosa menjadi etanol yang dilakukan dengan bantuan agen mikroba. Mikroba pengubah monomer glukosa menjadi etanol yang paling efektif adalah jenis khamir spesies *S. cereviceae*. Proses konversi monomer glukosa menjadi senyawa etanol ditunjukkan pada persamaan reaksi 2 (Wirahadikusumah, 1985).



Purwadi (2006), membagi kualitas alkohol dengan beberapa tingkatan :

1. Alkohol Teknis (96,5%)

Digunakan terutama untuk kepentingan industri sebagai bahan pelarut organik, bahan baku maupun bahan antara produksi berbagai senyawa organik lainnya.

2. Alkohol Murni (96,0 – 96,5%)

Digunakan terutama untuk kepentingan farmasi dan konsumsi misal untuk minuman keras.

3. Alkohol Absolut ( 99,7 – 99,8%)

Digunakan dalam pembuatan sejumlah besar obat-obatan dan juga sebagai bahan antara dalam pembuatan senyawa-senyawa lain skala laboratorium. Alkohol jenis ini disebut *Fuel Grade Ethanol* (F.G.E) atau *anhydrous ethanol* yaitu etanol yang bebas air atau hanya mengandung air minimal.

Bioetanol bersifat multi-guna karena dicampur dengan bensin pada komposisi berapapun memberikan dampak yang positif. Berikut kelebihan-kelebihan bioetanol dibandingkan bensin:

- a) Bioetanol aman digunakan sebagai bahan bakar, titik nyala etanol tiga kali lebih tinggi dibandingkan bensin.
- b) Emisi hidrokarbon lebih sedikit.

Kekurangan-kekurangan bioetanol dibandingkan bensin:

- a) Pada mesin dingin lebih sulit melakukan *starter* bila menggunakan bioetanol
- b) Bioetanol bereaksi dengan logam seperti magnesium dan aluminium.

Produksi bioetanol (alkohol) dengan bahan baku tanaman yang mengandung

pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air. Sebagai alternatif digunakan campuran bioetanol dengan bensin. Sebelum dicampur, bioetanol harus dimurnikan hingga 100%. Campuran ini dikenal dengan sebutan gasohol (Skadrongautama, 2009).

Etanol selain diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, juga dapat diproduksi dari bahan tanaman yang mengandung selulosa. Ada tiga macam bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan bioetanol yaitu gula (sukrosa), bahan berpati dan bahan berselulosa. Sumber gula/sukrosa berupa nira, tebu, molasses, nira nipah, nira kelapa, nira siwalan, nira sorgum manis, dan sari buah. Sumber bahan berpati berupa tepung-tepung sorgum biji (jagung cantel), sagu, ubi kayu/gaplek, ubi jalar, ganyong, garut, umbi-umbian dan sumber pati lainnya. Bahan berselulosa misalnya kayu, jerami, batang pisang, bagas dan lain-lain (Susmiati, 2010).

Secara biokimia, proses pembentukan etanol didahului dengan proses glikolisis yaitu proses perubahan satu molekul glukosa menjadi dua molekul piruvat. Proses glikolisis secara garis besar dibagi menjadi dua bagian :

1. Proses pemakaian energi. Di dalam tahap persiapan ini, glukosa mengalami proses fosforilasi dan pemecahan menjadi dua molekul triosa yaitu gliseraldehid-3-fosfat. Proses ini mengkonsumsi 2 ATP. Proses pembentukan energi. Dua molekul gliseraldehid-3-fosfat akan dikonversi menjadi piruvat yang disertai dengan pembentukan 4 ATP. Respirasi

terhenti dalam keadaan tanpa oksigen karena proses pengangkutan elektron yang dirangkaikan dengan fosforilasi bersifat oksidasi melalui rantai pernafasan yang menggunakan molekul oksigen sebagai penerima electron.

terakhir tidak berjalan. Akibatnya jalan metabolisme lingkaran asam trikarboksilat (daur krebs) akan terhenti pula sehingga piruvat tidak lagi.

2. masuk ke dalam daur krebs melainkan dialihkan pemakaiannya yaitu diubah menjadi etanol (Wirahadikusumah, 1985).

Khamir memproduksi etanol dan  $\text{CO}_2$  melalui dua reaksi yang berurutan.

1. Proses dekarboksilasi piruvat menjadi asetaldehid dan  $\text{CO}_2$  dengan katalis piruvat dekarboksilase (enzim ini tidak ada di binatang). Proses dekarboksilasi merupakan reaksi yang tidak reversibel membutuhkan ion  $\text{Mg}^{2+}$  dan koenzim tiamin pirofosfat. Reaksi berlangsung melalui beberapa senyawa antara yang terikat secara kovalen pada koenzim.
2. Reduksi asetaldehid menjadi etanol oleh NADH dengan dikatalisis oleh alkohol dehidrogenase, dengan demikian pembentukan  $\text{NAD}^+$  akan digunakan di dalam proses reaksi GADPH glikolisis (Voet *et al*, 2006)

**Tabel 2. Sifat Fisika Etanol**

Parameter	Komposisi
Titik didih normal ( $^{\circ}\text{C}$ )	78,4
Titik lebur ( $^{\circ}\text{C}$ )	-112
Berat molekul (g/grmol)	46,07
Densitas (g/mL)	0,7893
Indeks bias (cP)	1,36143
Viskositas (cP)	1,17
Panas penguapan (kal/g)	200,6
Merupakan cairan tidak berwarna	
Dapat larut dalam air dan eter	

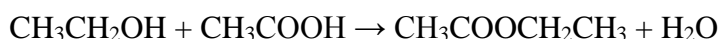
Sumber : Perry (1999)

Etanol memiliki berat jenis sebesar 0,7937 g/ml ( $15^{\circ}\text{C}$ ) dan titik didih sebesar  $78,32^{\circ}\text{C}$  pada tekanan 760 mmHg. Etanol larut dalam air dan eter dan mempunyai panas pembakaran 328 Kkal dan fermentasi etanol membutuhkan waktu 30-72 jam (Paturau, 1981 dalam Juara, 2011). Prescott dan Dunn (1981) menyatakan bahwa waktu fermentasi etanol yang dibutuhkan adalah 3 hingga 7 hari. Frazier

dan Westhoff (1978) menambahkan suhu optimum fermentasi adalah 25-30°C dengan kadar gula 10-18%.

## 2.4 Etil Asetat.

Etil asetat adalah senyawa organik dengan rumus  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OC}(\text{O})\text{CH}_3/$   $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ . Senyawa ini merupakan ester dari etanol dan asam asetat. Senyawa ini berwujud cairan, tak berwarna tetapi memiliki aroma yang khas. Etil asetat merupakan pelarut polar menengah yang mudah menguap, tidak beracun dan tidak higroskopis. Etil asetat dapat melarutkan air hingga 30% dan larut dalam air hingga kelarutan 8% pada suhu kamar. Kelarutannya meningkat pada suhu yang lebih tinggi, namun senyawa ini tidak stabil dalam air mengandung basa atau asam. Etil asetat dapat dihidrolisis pada keadaan asam atau basa yang menghasilkan asam asetat dan etanol kembali. Katalis yang digunakan adalah asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), karena berlangsungnya reaksi. Reaksi kebalikan hidrolisis yaitu, esterifikasi Fischer. Untuk memperoleh hasil rasio yang tinggi biasanya digunakan asam kuat dengan proposi stoikiometris, misalnya natrium hidroksida. Reaksi ini menghasilkan etanol dan natrium asetat yang tidak dapat di reaksi lagi dengan etanol. Etil Asetat dibuat melalui reaksi esterifikasi Fischer dari asam asetat dan etanol. Reaksi esterifikasi Fischer adalah reaksi pembentukan ester dengan cara merefluks sebuah asam karboksilat bersama sebuah alkohol dengan katalis asam. Produk esterifikasi tersebut mempunyai sifat yang khas yaitu baunya yang harum Sehingga pada umumnya digunakan sebagai pengharum (essence) sintetis. Reaksi esterifikasi merupakan reaksi reversible yang sangat lambat. Tetapi bila menggunakan katalis, kesetimbangan reaksi akan tercapai dalam beberapa jam. Asam yang digunakan sebagai katalis biasanya adalah asam sulfat atau asam klorida. Secara sederhana, reaksi pembentukan etil asetat digambarkan sebagai berikut:



Proses pembuatan n-Etil Asetat merupakan reaksi reversibel dan menghasilkan suatu kesetimbangan kimia. Karena itu, rasio hasil reaksinya akan menjadi rendah jika air yang terbentuk tidak dipisahkan. Karena reaksinya banyak

menggunakan asam maka dalam prosesnya perlu dilakukan penghilangan asam dengan menambahkan Natrium karbonat dan kalsium klorida. Selain itu penambahan kedua zat tersebut berfungsi untuk menghilangkan kadar air dalam n-Etil Asetat. Etil asetat murni memiliki densitas 0,897 gram/cm<sup>3</sup> dan titik didih 77,1°C. Karena memiliki titik didih yang rendah, maka n-Etil Asetat mudah menguap. Esterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah; struktur molekul dari alkohol, suhu proses dan konsentrasi katalis maupun reaktan. Sifat fisika dan kimia etil asetat dapat dilihat dibawah ini:

a. Sifat fisik dan kimia Etil Asetat

Rumus molekul : C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>

Titik didih : 77,1 °C

Titik leleh : 10 °C

Densitas : 0,89 gr/cm<sup>3</sup>

Berat Molekul : 88,12 gr/mol

Berbau Khas

Mudah menguap

Tidak Beracun

Tidak Higroskopis

Tidak berwarna

## 2.4.1 Bahan Baku Etil Asetat

### 2.4.1.1 Etanol

Etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) disebut juga Etil alkohol adalah sejenis cairan dengan sifat kimia yaitu mudah menguap, mudah terbakar, tidak berwarna, dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Larut dalam air dan pelarut organik lainnya, meliputi Asam asetat, Aseton, Benzena, Karbon tetraklorida, Kloroform, Dietil eter, Etilena glikol, Gliserol, Nitrometana, Piridina, dan Toluena.

Etanol termasuk ke dalam alkohol rantai tunggal. Etanol banyak digunakan sebagai pelarut berbagai bahan-bahan kimia yang ditujukan untuk konsumsi dan kegunaan manusia. Contohnya adalah pada parfum, perasa,



pewarna makanan, dan obat-obatan. Senyawa ini merupakan obat psikoaktif dan dapat ditemukan pada minuman beralkohol dan termometer modern. Dalam kimia, etanol adalah pelarut yang penting sekaligus sebagai stok umpan untuk sintesis senyawa kimia lainnya. Dalam sejarahnya etanol telah lama digunakan sebagai bahan bakar. Sifat fisika Etanol dapat dilihat pada tabel 3 yaitu sebagai berikut:

**Tabel 3. Sifat Fisika Etanol**

Parameter	Komposisi
Titik didih normal (°C)	78,4
Titik lebur (°C)	-112
Berat molekul (g/grmol)	46,07
Densitas (g/mL)	0,7893
Indeks bias (cP)	1,36143
Viskositas (cP)	1,17
Panas penguapan (kal/g)	200,6
Merupakan cairan tidak berwarna	

Dapat larut dalam air dan eter

Sumber : Perry (1999)

Kegunaan Alkohol Di dunia industri, Alkohol digunakan sebagai bahan baku pembuatan formaldehid, sebagai cairan antibeku, dan pelarut, seperti varnish, membuat polimer jenis plastik, sebagai bahan baku industri serat sintetik seperti dacron. Dalam kehidupan sehari-hari alkohol juga dapat digunakan sebagai bahan pembuat minuman beralkohol (minuman keras), pelarut berbagai obat-obatan, untuk sterilisasi, untuk obat gosok (isopropil alkohol).

#### **2.4.1.2 Asam Asetat**

Asam asetat atau asam cuka dengan rumus molekul  $\text{CH}_3\text{COOH}$  adalah senyawa kimia asam organik yang dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma dalam makanan. Asam cuka memiliki rumus empiris  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ . Asam asetat merupakan salah satu asam karboksilat paling sederhana dan merupakan asam lemah. Asam asetat murni disebut *asam asetat glasial*.

Sifat kimia Asam asetat yaitu cairan higroskopis dan bersifat korosif terhadap banyak logam seperti besi, magnesium, dan seng, membentuk gas hidrogen dan garam-garam asetat (disebut *logam asetat*), Hampir semua garam

asetat larut dengan baik dalam air, oleh karena itu harus digunakan dengan penuh hati-hati. Asam asetat dapat menyebabkan luka bakar, kerusakan mata permanen, serta iritasi pada membran mukosa. Asam asetat merupakan pereaksi kimia dan bahan baku industri yang penting. Asam asetat Dalam industri makanan, asam asetat digunakan sebagai pengatur keasaman. Sifat fisika Asam asetat dapat dilihat pada tabel 4 yaitu sebagai berikut.

**Tabel 4. Sifat Fisika Asam asetat**

No	Karakteristik	Satuan	Nilai
1	Densitas	gr/ cm	1.049 (cair) 1.266 (padat)
2	Massa molar	gr/mol	60.05
3	Titik lebur	°C	16.5
4	Titik didih	°C	118,1
5	Titik beku	°C	16.7
6	Penampilan	-	Cairan tak berwarna
7	Keasaman	-	4.76 pada suhu 25 °C

Sumber : Wiro Pharmacy (2009)

Dalam kehidupan kita sehari-hari kegunaan asam cuka sangat banyak sekali yaitu, sebagai pelarut zat organik, untuk pengasaman bahan makanan, membuat berbagai ester, membuat tinta dan zat-zat warna dan propanol, sebagai bahan baku pembuatan polyvinyl acetate, yaitu bahan baku pembuatan lem kayu, Asam asetat juga digunakan dalam proses pembuatan pestisida dan masih banyak lagi.

#### **2.4.1.3 Katalis**

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi. Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi.

Katalis dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama: katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis heterogen adalah katalis yang ada dalam fase berbeda dengan pereaksi dalam reaksi yang dikatalisnya, sedangkan katalis homogen berada dalam fase yang sama.

Pada pembuatan Etil asetat ini katalis yang digunakan adalah Asam sulfat. Asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Senyawa ini larut dalam air pada semua perbandingan. Asam sulfat murni yang tidak diencerkan tidak dapat ditemukan secara alami di bumi oleh karena sifatnya yang higroskopis. Walaupun demikian, asam sulfat merupakan komponen utama hujan asam, yang terjadi karena oksidasi sulfur dioksida di atmosfer dengan keberadaan air (oksidasi asam sulfit). Sulfur dioksida adalah produk sampingan utama dari pembakaran bahan bakar seperti batu bara dan minyak yang mengandung sulfur (belerang).

Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan dan merupakan salah satu produk utama industri kimia, antara lain digunakan dalam jumlah yang besar oleh industri besi dan baja untuk menghilangkan oksidasi, karat, dan kerak air sebelum dijual ke industri otomobil. Asam yang telah digunakan sering kali didaur ulang dalam kilang regenerasi asam bekas (*Spent Acid Regeneration (SAR) plant*). Kilang ini membakar asam bekas dengan gas alam, gas kilang, bahan bakar minyak, ataupun sumber bahan bakar lainnya. Proses pembakaran ini akan menghasilkan gas sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) dan sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ ) yang kemudian digunakan untuk membuat asam sulfat yang "baru". Sifat fisika Asam sulfat dapat dilihat pada tabel 5 yaitu sebagai berikut:

**Tabel 5. Sifat Fisika  $\text{H}_2\text{SO}_4$**

No	Karakteristik	Satuan	Nilai
1	Densitas	gr/ cm	1.049 (cair) 1.266 (padat)
2	Massa molar	gr/mol	60.05
3	Titik lebur	$^{\circ}\text{C}$	16.5
4	Titik didih	$^{\circ}\text{C}$	290
5	Titik beku	$^{\circ}\text{C}$	16.7
6	Penampilan	-	Cairan tak berwarna
7	Keasaman	-	4.76 pada suhu $25^{\circ}\text{C}$

Sumber : <http://kimianet.lipi.go.id/database.cgi> (2010).

Kegunaan Asam Sulfat Asam sulfat merupakan komoditas kimia yang sangat penting, produksi asam sulfat suatu negara merupakan indikator yang baik terhadap kekuatan industri negara tersebut. Kegunaan asam sulfat, yaitu untuk memproduksi asam fosfat, yang digunakan untuk membuat pupuk fosfat dan juga

trinitrium fosfat untuk deterjen. Asam sulfat juga digunakan dalam jumlah yang besar oleh industri besi dan baja untuk menghilangkan oksidasi, karat, dan kerak air sebelum dijual ke industri otomobil. Kegunaan asam sulfat lainnya yang penting adalah untuk pembuatan aluminium sulfat. Aluminium sulfat dapat bereaksi dengan sejumlah kecil sabun pada serat pulp kertas untuk menghasilkan aluminium karboksilat yang membantu mengentalkan serat pulp menjadi permukaan kertas yang keras. Aluminium sulfat juga digunakan untuk membuat aluminium hidroksida.

## **2.5 Hidrolisis**

Hidrolisis meliputi proses pemecahan polisakarida di dalam biomassa lignoselulosa, yaitu: selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula penyusunnya (glukosa & xilosa). Hidrolisis sempurna selulosa menghasilkan glukosa, sedangkan hemiselulosa menghasilkan beberapa monomer gula pentosa (C5) dan heksosa (C6). Secara umum teknik hidrolisis dibagi menjadi dua, yaitu: hidrolisis dengan enzim dan hidrolisis dengan asam.

### **2.5.1 Hidrolisis Asam**

Hidrolisis asam dapat dipergunakan untuk memecah komponen polisakarida menjadi monomer-monomernya. Proses hidrolisis yang sempurna akan memecah selulosa dan pati menjadi glukosa, sedangkan hemiselulosa akan terpecah menjadi pentosa dan heksosa. Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) merupakan asam yang dapat digunakan sebagai katalis asam selain asam klorida (HCl). Hidrolisis asam dikelompokkan menjadi dua yaitu hidrolisis asam pekat dengan konsentrasi tinggi dan hidrolisis asam encer dengan konsentrasi rendah (Taherzadeh & Karimi, 2007).

Keuntungan hidrolisis menggunakan asam konsentrasi tinggi antara lain proses hidrolisis dapat dilakukan pada suhu yang rendah dan hasil gula yang didapatkan tinggi. Namun penggunaan asam konsentrasi tinggi mempunyai kelemahan antara lain jumlah asam yang digunakan sangat banyak, potensi korosi pada peralatan produksi terutama alat yang terbuat dari besi, penggunaan energi yang tinggi untuk proses daur ulang asam dan waktu reaksi yang lama yaitu

berkisar antara dua hingga enam jam. Hidrolisis menggunakan asam dengan konsentrasi rendah mempunyai keuntungan antara lain jumlah asam yang digunakan sedikit dan waktu tinggal yang sebentar. Namun kerugian dalam penggunaan asam encer dengan konsentrasi rendah antara lain membutuhkan suhu tinggi dalam proses operasinya, gula yang didapatkan sedikit, potensi korosi pada peralatan produksi terutama alat yang terbuat dari besi dan pembentukan produk samping yang tidak diharapkan (Taherzadeh & Karimi, 2007).

Hidrolisis asam dengan konsentrasi rendah dilakukan dalam dua tahap yaitu tahap pertama yang melibatkan asam encer untuk menghidrolisis gula dari golongan pentosa yang umumnya terdapat dalam fraksi hemiselulosa. Tahap ini biasanya menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1% pada suhu  $80^\circ\text{C}$ - $120^\circ\text{C}$  selama 30-240 menit. Tahap kedua menggunakan asam dengan konsentrasi yang lebih tinggi untuk menghidrolisis gula yang berasal golongan heksosa seperti selulosa biasanya dilakukan dengan konsentrasi asam 5-20%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan suhu  $180^\circ\text{C}$ . Proses hidrolisis bertahap ini dapat memaksimalkan hasil glukosa yang dihasilkan dan meminimumkan hasil samping yang tidak diinginkan (Purwadi, 2006).

Penentuan konsentrasi asam tergantung pada ukuran, bentuk dan kadar air pada partikel lignoselulosa. Asam sulfat biasanya digunakan pada bahan terlarut dengan konsentrasi tidak melebihi 10% berat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  umum digunakan tidak lebih dari 5%). Penggunaan katalis asam encer selalu terjadi penambahan air yang banyak pada bahan lignoselulosa dan hal itu membutuhkan energi panas yang lebih banyak selama proses pemanasan (*Patent Cooperation Treaty*, 1998).

Proses hidrolisis menggunakan konsentrasi asam encer, selain dapat menguraikan glukosa juga menghasilkan hasil samping yang dapat menghambat proses fermentasi. Hasil samping yang dapat menghambat proses fermentasi antara lain furfural, 5-hidroksimetilfurfural (HMF), asam lefulenat, asam asetat, asam format, asam uronat dan lain-lainnya (Taherzadeh & Karimi, 2007).

Hidrolisis asam pada bahan lignoselulosa, hemiselulosa merupakan komponen yang paling mudah terhidrolisis oleh asam yang akan terdegradasi menjadi xilosa, manosa, asam asetat, galaktosa arabinosa dan sejumlah kecil rhamnosa, asam glukuronat, asam metil glukronat dan asam galakturonat

(Morohoshi 1991; Sjöström 1993). Selulosa akan terdegradasi menjadi glukosa. Xilosa akan terdegradasi menjadi furfural dan 5-hidroksimetilfurfural (HMF) pada kondisi suhu dan tekanan tinggi. Komponen fenol terbentuk dari lignin yang terpecah sebagian dan juga selama proses degradasi karbohidrat (Palmqvist & Hahn Hägerdal, 2000). Lignin merupakan komponen kompleks yang tersusun oleh *phenylpropane* yang terikat di dalam struktur tiga dimensi. Ikatan kimia terjadi di antara lignin dan hemiselulosa bahkan terkadang juga dengan selulosa. Lignin sangat tahan terhadap reaksi kimia dan enzimatik (Palmqvist & Hahn-Hägerdal, 2000).

### **2.5.2 Hidrolisis Enzimatik**

Hidrolisis enzim merupakan proses penguraian suatu polimer yang kompleks menjadi monomer penyusunnya dengan menggunakan enzim (Perez *et al.*, 2002). Hidrolisis enzimatik memiliki beberapa keuntungan dibandingkan hidrolisis asam, antara lain: tidak terjadi degradasi gula hasil hidrolisis, kondisi proses yang lebih lunak (suhu rendah, pH netral), berpotensi memberikan hasil yang tinggi, dan biaya pemeliharaan peralatan relatif rendah karena tidak ada bahan yang korosif (Taherzadeh & Karimi, 2008). Beberapa kelemahan dari hidrolisis enzimatik antara lain adalah membutuhkan waktu yang lebih lama, dan kerja enzim dihambat oleh produk. Di sisi lain harga enzim saat ini lebih mahal daripada asam sulfat, namun demikian pengembangan terus dilakukan untuk menurunkan biaya dan meningkatkan efisiensi hidrolisis maupun fermentasi (Sanchez *and* Cardona, 2007).

Menurut Sari faktor-faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis adalah sebagai berikut

1. Derajat keasaman

Derajat keasaman mempengaruhi proses hidrolisis sehingga dapat dihasilkan hasil hidrolisis yang sesuai dengan yang diinginkan.

2. Suhu

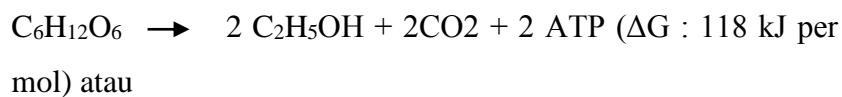
Suhu mempengaruhi kecepatan reaksi hidrolisis.

3. Konsentrasi

Konsentrasi mempengaruhi laju hidrolisis, untuk hidrolisis asam menggunakan asam klorida atau asam sulfat

## 2.6 Fermentasi

Fermentasi adalah suatu kultur mikroba dalam kondisi optimum untuk menghasilkan produk berupa metabolit-metabolit, enzim, atau produk lain (seperti biomassa) (Saepudin, 2009). Awalnya fermentasi didefinisikan sebagai anggur yang mendidih, kemudian pengertiannya berkembang secara luas menjadi penggunaan mikroorganisme untuk bahan pangan. Oleh Louis Pasteur, fermentasi didefinisikan sebagai proses penguraian gula pada buah anggur menjadi gelembung-gelembung udara ( $\text{CO}_2$ ) oleh khamir yang terdapat pada cairan ekstrak buah anggur tersebut. Fermentasi etanol yang juga biasa disebut fermentasi alkohol, adalah proses biologi dimana gula seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa dirubah menjadi energi selular dan menghasilkan etanol dan karbondioksida sebagai metabolit samping. Persamaan reaksi kimia pada fermentasi alkohol :

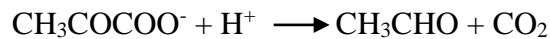


Fermentasi yang dilakukan dalam penelitian kali ini menggunakan *Saccharomyces cereviceae* sebagai mikroorganisme yang berperan dalam mengubah 1 mol glukosa menjadi 2 mol etanol. Pada proses ini, *Saccharomyces cereviceae* akan memetabolisme glukosa membentuk asam piruvat melalui tahapan reaksi jalur Embden-Meyerhof-Parnas, sedangkan asam piruvat yang dihasilkan akan didekarboksilasi menjadi asetaldehida yang kemudian mengalami dehidrogenasi menjadi etanol (Roukas, 1996). Prosesnya dimulai ketika satu molekul glukosa dipecah menjadi piruvat melalui proses glikolisis (jalur Embden-Meyerhof-Parnas) (Stryer, 1975).

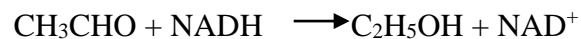


Reaksi ini mengubah dua molekul  $\text{NAD}^+$  menjadi  $\text{NADH}$  dan menghasilkan 2 ATP serta 2 molekul air. Piruvat lalu diubah menjadi asetaldehid

dan karbondioksida oleh enzim piruvat dekarboksilase dan menghasilkan tiamin difosfat sebagai kofaktor (Stryer, 1975).



Setelah itu, asetaldehid direduksi oleh NADH yang dihasilkan dari glikolisis menjadi etanol.



Alkohol yang diperoleh dari proses fermentasi ini, biasanya alkohol dengan kadar hanya 8 sampai 10% volume, sebab, bila dari proses fermentasi sudah diperoleh alkohol dengan kadar 10%, mikroba akan mengalami lisis karena pengaruh dari alkohol tersebut.

Proses fermentasi dapat digolongkan berdasarkan cara operasinya, yaitu sebagai berikut:

### 2.6.1 Proses Fermentasi Cair (Roukas, 1996)

*Submerged fermentation* adalah yang melibatkan air sebagai fase kontinyu dari sistem pertumbuhan sel bersangkutan atau substrat, baik sumber karbon maupun mineral terlarut atau tersuspensi sebagai partikel-partikel dalam fase cair.

Fermentasi cair dengan teknik tradisional tidak dilakukan pengadukan, berbeda dengan teknik fermentasi cair modern melibatkan fermentor yang dilengkapi dengan : pengadukan (agar medium tetap homogen), aerasi, pengaturan suhu (pendinginan dan pemanasan) dan pengaturan pH.

Fermentasi ini dapat dibagi menjadi 3 macam :

- 1) *Batch process*, yaitu fermentasi dengan cara memasukkan media dan inokulum secara bersamaan ke dalam bioreaktor dan pengambilan produk dilakukan pada akhir fermentasi. Pada sistem *batch*, bahan media dan inokulum dalam waktu yang hampir bersamaan dimasukkan ke dalam bioreaktor. Pada saat proses berlangsung, akan terjadi perubahan kondisi dalam bioreaktor (*nutrient* akan berkurang sedangkan produk serta limbah bertambah), hingga pada suatu keadaan tertentu (sesuai keadaan yang diinginkan). Untuk proses fermentasi yang baru, maka bioreaktor harus dikosongkan.



- 2) *Feed batch process*, yaitu fermentasi dengan cara memasukkan sebagian sumber nutrisi ke dalam bioreaktor dengan volume tertentu hingga diperoleh produk yang mendekati maksimal, akan tetapi konsentrasi sumber nutrisi dibuat konstan.
- 3) *Continous process*, yaitu fermentasi yang dilakukan dengan cara pengaliran substrat dan pengambilan produk dilakukan secara terus menerus (sinambung) setiap saat setelah diperoleh konsentrasi produk maksimal atau substrat pembatasnya mencapai konsentrasi yang hampir tetap.

### **2.6.2 Fermentasi Padat (*Solid State fermentation*)**

Fermentasi media padat merupakan proses fermentasi yang berlangsung dalam substrat tidak larut, namun mengandung air yang cukup sekalipun tidak mengalir bebas. *Solid state fermentation* mempunyai kandungan nutrisi per volume jauh lebih pekat sehingga hasil per volume dapat lebih besar.

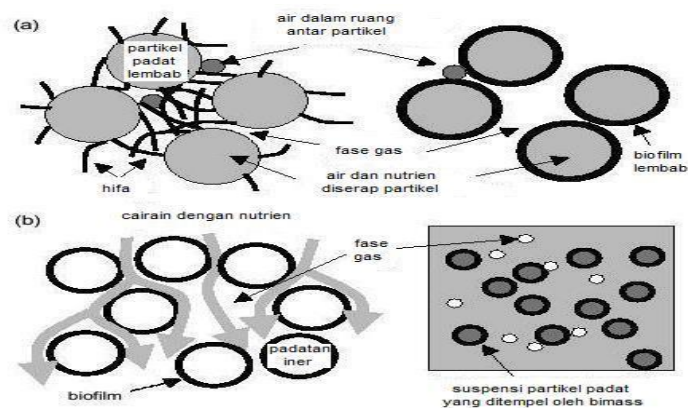
Keuntungan fermentasi dengan cara ini adalah :

1. Medium yang digunakan relatif sederhana
2. Ruang yang diperlukan untuk peralatan fermentasi relatif kecil, karena air yang digunakan sedikit
3. Inokulum dapat disisapkan secara sederhana
4. Kondisi medium tempat pertumbuhan mikroba mendekati kondisi habitat alaminya
5. Aerasi dihasilkan dengan mudah karena ada ruang di antara setiap partikel substratnya.
6. Produk yang dihasilkan dapat dipanen dengan mudah.

Menurut (Budiyan, 2003) untuk mendapatkan hasil fermentasi yang optimum perlu diperhatikan hal-hal berikut:

1. Kadar gula yang terlalu tinggi akan menghambat aktivitas khamir. Konsentrasi gula yang optimum untuk menghasilkan kadar etanol yang optimum adalah 14-18 %.
2. Suhu yang baik untuk fermentasi adalah dibawah 30<sup>0</sup>C. semakin rendah suhu fermentasi, maka semakin tinggi kadar etanol yang dihasilkannya. Hal ini dikarenakan pada suhu rendah CO<sub>2</sub> lebih sedikit yang dihasilkan.

3. Derajat keasaman akan mempengaruhi kecepatan fermentasi. pH yang optimum untuk pertumbuhan khamir adalah 4 sampai 4,5. Untuk pengaturan pH dapat digunakan NaOH untuk menaikkan pH dan asam nitrat untuk menurunkan pH. Pada pH 3,5 atau sedikit lebih rendah fermentasi masih dapat berlangsung dengan baik dan bakteri pembusuk akan terhambat.



**Gambar 2. Proses Fermentasi Fase Padat.**

Faktor- faktor yang mempengaruhi proses fermentasi menurut Endah, dkk.

1. Keasaman (pH)
2. Mikroba
3. Suhu

Suhu fermentasi sangat menentukan macam mikroba yang dominan. Pada suhu 10- 30 °C terbentuk alkohol lebih banyak karena ragi bekerja optimal pada suhu itu

4. Waktu

Laju perbanyakan bakteri bervariasi menurut spesies dan kondisi pertumbuhannya.

## 2.7 Jenis-Jenis Mikroorganisme Fermentasi *Saccharomyces cerevisiae*

### 2.7.1 Bakteri Asam Laktat.

Dari kelompok ini termasuk bakteri yang menghasilkan sejumlah besar asam laktat sebagai hasil akhir dari metabolisme gula (karbohidrat). Asam laktat yang dihasilkan dengan cara tersebut akan menurunkan nilai pH dari lingkungan pertumbuhannya dan menimbulkan rasa asam. Ini juga menghambat pertumbuhan dari beberapa jenis mikroorganisme lainnya. Dua kelompok kecil mikroorganisme dikenal dari kelompok ini yaitu organisme-organisme yang bersifat *homofermentative* dan *heterofermentative*.

Jenis-jenis homofermentatif yang terpenting hanya menghasilkan asam laktat dari metabolisme gula, sedangkan jenis-jenis heterofermentatif menghasilkan karbondioksida dan sedikit asam-asam volatil lainnya, alkohol, dan ester disamping asam laktat. Beberapa jenis yang penting dalam kelompok ini:

1. *Streptococcus thermophilus*, *Streptococcus lactis* dan *Streptococcus cremoris*. Semuanya ini adalah bakteri gram positif, berbentuk bulat (*coccus*) yang terdapat sebagai rantai dan semuanya mempunyai nilai ekonomis penting dalam industri susu.
2. *Pediococcus cerevisae*. Bakteri ini adalah gram positif berbentuk bulat, khususnya terdapat berpasangan atau berempat (*tetrads*). Walaupun jenis ini tercatat sebagai perusak bir dan anggur, bakteri ini berperan penting dalam fermentasi daging dan sayuran.
3. *Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc dextranicum*. Bakteri ini adalah gram positif berbentuk bulat yang terdapat secara berpasangan atau rantai pendek. Bakteri-bakteri ini berperanan dalam perusakan larutan gula dengan produksi pertumbuhan dekstran berlendir. Walaupun demikian, bakteri-bakteri ini merupakan jenis yang penting dalam permulaan fermentasi sayuran dan juga ditemukan dalam sari buah, anggur, dan bahan pangan lainnya.
4. *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus delbrueckii*. Organisme-organisme ini adalah bakteri berbentuk batang, gram positif dan sering berbentuk pasangan dan rantai dari sel-selnya. Jenis ini umumnya lebih tahan terhadap keadaan asam dari pada jenis-jenis *Pediococcus* atau *Streptococcus* dan oleh

karenanya menjadi lebih banyak terdapat pada tahapan terakhir dari fermentasi tipe asam laktat. Bakteri-bakteri ini penting sekali dalam fermentasi susu dan sayuran

### **2.7.2 Bakteri Asam Propionat**

Jenis-jenis yang termasuk kelompok ini ditemukan dalam golongan *Propionibacterium*, berbentuk batang dan merupakan gram positif. Bakteri ini penting dalam fermentasi bahan pangan karena kemampuannya memfermentasi karbohidrat dan juga asam laktat dan menghasilkan asam-asam propionat, asetat, dan karbondioksida. Jenis-jenis ini penting dalam fermentasi keju Swiss.

### **2.7.3 Bakteri Asam asetat**

Bakteri ini berbentuk batang, gram negatif dan ditemukan dalam golongan *Acetobacter* sebagai contoh *Acetobacter aceti*. Metabolismenya lebih bersifat aerobik (tidak seperti spesies tersebut di atas), tetapi peranannya yang utama dalam fermentasi bahan pangan adalah kemampuannya dalam mengoksidasi alkohol dan karbohidrat lainnya menjadi asam asetat dan dipergunakan dalam pabrik cuka.

### **2.7.4 Khamir**

Khamir sejak dulu berperan dalam fermentasi yang bersifat alkohol dimana produk utama dari metabolismenya adalah etanol. *Saccharomyces cerevisiae* adalah jenis yang utama yang berperan dalam produksi minuman beralkohol seperti bir dan anggur dan juga digunakan untuk fermentasi adonan dalam perusahaan roti. Contoh khamir adalah *Sacharomyces sereviceae*.

### **2.7.5 *Sacharomyces sereviceae***

Di Indonesia lebih dikenal dengan nama jamur ragi. Jamur ini merupakan jamur yang sangat dibutuhkan untuk membuat roti dan bir sejak zaman kuno. Ini adalah mikroorganisme yang berperan di belakang fermentasi. Mikroorganisme ini berasal dari golongan khamir yang mampu memfermentasi glukosa, maka dimanfaatkan untuk memproduksi bioetanol. Klasifikasi *S. cereviceae* adalah sebagai berikut.

Kingdom : Fungi

Divisi : Ascomycota

Kelas : Saccharomycetes  
 Ordo : Saccharomycetales  
 Famili : Saccharomycetaceae  
 Genus : Saccharomyces  
 Spesies : *Saccharomyces cereviceae*

### 2.7.6 Kapang

Kapang jenis-jenis tertentu digunakan dalam persiapan pembuatan beberapa macam keju dan beberapa fermentasi bahan pangan Asia seperti kecap dan tempe. Jenis-jenis yang termasuk golongan *Aspergillus*, *Rhizopus*, dan *Penicillium* sangat penting dalam kegiatan tersebut.

Dalam proses fermentasi, mikroorganisme harus mempunyai 3 (tiga) karakteristik penting yaitu:

1. Mikroorganisme harus mampu tumbuh dengan cepat dalam suatu substrat dan lingkungan yang cocok untuk memperbanyak diri.
2. Mikroorganisme harus memiliki kemampuan untuk mengatur ketahanan fisiologi dan memiliki enzim-enzim esensial yang mudah dan banyak supaya perubahan-perubahan kimia yang dikehendaki dapat terjadi.
3. Kondisi lingkungan yang diperlukan bagi pertumbuhan harus sesuai supaya produksi maksimum.

### 2.8 Reaksi Esterifikasi

Suatu reaksi pemadatan untuk membentuk suatu ester disebut esterifikasi. Esterifikasi dapat dikatalis oleh kehadiran ion  $H^+$ . Asam belerang sering digunakan sebagai sebagai suatu katalisator untuk reaksi ini. Nama ester berasal dari Essig-Äther Jerman, sebuah nama kuno untuk menyebut etil asam cuka ester (asam cuka etil)

Ester dapat dibuat oleh suatu reaksi keseimbangan antara suatu alkohol dan suatu asam karbon. Ester dinamai menurut kelompok alkil dari alkohol dan kemudian alkanoat (bagian dari asam karbon). Sebagai contoh, reaksi antara metanol dan asam butir menghasilkan ester metil butir  $C_3H_7-COO-CH_3$  seperti halnya air. Yang paling sederhana adalah  $H-COO-CH_3$ , metil metanoat. Karena

ester dari asam yang lebih tinggi, alkana menyebut dengan – oat pada akhiran. Secara umum Ester dari asam berbau harum meliputi benzoat seperti metil benzoat (Anonim, 1995).

Reaksi esterifikasi merupakan reaksi pembentukan ester dengan reaksi langsung antara suatu asam karboksilat dengan suatu alkohol, Suatu ester asam karboksilat mengandung gugus  $-\text{CO}_2\text{R}$  dengan R dapat berbentuk alkil maupun anil. Laju esterifikasi suatu asam karboksilat bergantung pada halangan sterik dalam alkohol dan asam karboksilatnya. Kuat asam dari asam karboksilat hanya memainkan peranan kecil dalam laju pembentukan ester.

### **2.8.1 Esterifikasi Fischer**

Reaksi esterifikasi Fischer adalah reaksi pembentukan ester dengan cara merefluks sebuah asam karboksilat bersama sebuah alkohol dengan katalis asam. Asam yang digunakan sebagai katalis biasanya adalah asam sulfat atau asam Lewis seperti skandium(III) triflat.

Pembentukan ester melalui asilasi langsung asam karboksilat terhadap alkohol, seperti pada esterifikasi Fischer lebih disukai ketimbang asilasi dengan anhidrida asam (ekonomi atom yang rendah) atau asil klorida (sensitif terhadap kelembapan). Kelemahan utama asilasi langsung adalah konstanta kesetimbangan kimia yang rendah. Hal ini harus diatasi dengan menambahkan banyak asam karboksilat, dan pemisahan air yang menjadi hasil reaksi. Pemisahan air dilakukan melalui distilasi Dean-Stark atau penggunaan saringan molekul.

Dalam sebuah penelitian ditemukan bahwa tetrabutylamonium tribromida (TBATB) adalah katalis yang amat efektif. Misalnya, asilasi 3-fenil propanol dengan asam asetat glasial dan TBATB dengan refluks menghasilkan ester dalam 15 menit, dengan rasio hasil 95%, tanpa harus memisahkan air. Para ahli percaya bahwa asam bromida yang dihasilkan oleh TBATB dapat memprotonasi alkohol terhadap asam karboksilat sehingga karboksilatnya-lah yang bertindak sebagai nukleofil, tidak seperti mekanisme esterifikasi standar.

Mekasnisme reaksi esterifikasi Fischer terdiri dari beberapa langkah :

1. Transfer proton dari katalis asam ke atom oksigen karbonil, sehingga meningkatkan elektrofilisitas dari atom karbon karbonil.

2. Atom karbon karbonil kemudian diserang oleh atom oksigen dari alkohol, yang bersifat nukleofilik sehingga terbentuk ion oksonium.
3. Terjadi pelepasan proton dari gugus hidroksil milik alkohol, menghasilkan kompleks teraktivasi.
4. Protonasi terhadap salah satu gugus hidroksil, yang diikuti oleh pelepasan molekul air menghasilkan ester.

## 2.9 Distilasi

Distilasi merupakan teknik pemisahan yang didasari atas perbedaan perbedaan titik didih atau titik cair dari masing-masing zat penyusun dari campuran homogen. Dalam proses destilasi terdapat dua tahap proses yaitu tahap penguapan dan dilanjutkan dengan tahap pengembangan kembali uap menjadi cair atau padatan. Atas dasar ini maka perangkat peralatan destilasi menggunakan alat pemanas dan alat pendingin.

Proses destilasi diawali dengan pemanasan, sehingga zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap. Uap tersebut bergerak menuju kondenser yaitu pendingin, proses pendinginan terjadi karena kita mengalirkan air kedalam dinding (bagian luar condenser), sehingga uap yang dihasilkan akan kembali cair. Proses ini berjalan terus menerus dan akhirnya kita dapat memisahkan seluruh senyawa-senyawa yang ada dalam campuran homogen tersebut.

Macam-Macam Distilasi :

1. Distilasi Sederhana, prinsipnya memisahkan dua atau lebih komponen cairan berdasarkan perbedaan titik didih yang jauh berbeda.
2. Distilasi Fraksionasi (Bertingkat), sama prinsipnya dengan distilasi sederhana, hanya distilasi bertingkat ini memiliki rangkaian alat kondensor yang lebih baik, sehingga mampu memisahkan dua komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang berdekatan.
3. Distilasi Azeotrop : memisahkan campuran azeotrop (campuran dua atau lebih komponen yang sulit di pisahkan), biasanya dalam prosesnya digunakan senyawa lain yang dapat memecah ikatan azeotrop tersebut, atau dengan menggunakan tekanan tinggi.

4. Distilasi Kering : memanaskan material padat untuk mendapatkan fasa uap dan cairnya. Biasanya digunakan untuk mengambil cairan bahan bakar dari kayu atau batu bata.
5. Distilasi Vakum: memisahkan dua komponen yang titik didihnya sangat tinggi, metode yang digunakan adalah dengan menurunkan tekanan permukaan lebih rendah dari 1 atm, sehingga titik didihnya juga menjadi rendah, dalam prosesnya suhu yang digunakan untuk mendistilasinya tidak perlu terlalu tinggi.

Kelebihan Destilasi :

1. Dapat memisahkan zat dengan perbedaan titik didih yang tinggi.
2. Produk yang dihasilkan benar-benar murni.
3. Sangat tepat digunakan untuk memisahkan larutan-larutan dalam bentuk homogen.

Kekurangan Destilasi :

1. Hanya dapat memisahkan zat yang memiliki perbedaan titik didih yang besar.
2. Biaya penggunaan alat ini relatif mahal.
3. Diperlukan energi yang besar dalam memanaskan larutan.
4. Dibutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan larutan dengan titik didih yang tinggi.

## **2.10 Potensi Ekonomi**

Kulit pisang merupakan bahan sisa dari buah pisang. Berat kulit pisang adalah sekitar 30-40% dari total keseluruhan buah pisang. Pada tahun 2012 Badan Pusat Statistik mencatat produksi pisang di Indonesia adalah sebanyak 6.189.052 ton. Banyaknya produksi pisang Indonesia berbanding lurus dengan banyaknya limbah kulit pisang yang dihasilkan.

Di Indonesia selain di ekspor dan langsung dikonsumsi, buah pisang biasanya diolah menjadi gorengan, keripik atau produk olahan pisang lainnya. Produsen makanan olahan pisang ini merupakan salah satu sumber limbah kulit pisang



terbesar. Limbah kulit pisang ini akan sangat disayangkan jika langsung dibuang ke lingkungan karena kandungan bahan organiknya yang tinggi

Salah satu produk yang bernilai tambah tinggi yang dapat dibuat dari kulit pisang adalah etil asetat. Etil asetat banyak digunakan sebagai pelarut, perekat, resin dan citarasa buah buatan. Etil asetat sebagai citarasa buah buatan dapat digunakan kembali oleh produsen makanan olahan pisang sebagai penambah cita rasa produk mereka.

Harga jual etil asetat 60% di pasaran adalah seharga Rp. 200.000/L dan etil asetat 99,5% seharga Rp. 671.600/L. Dilihat dari harga jual etil asetat tersebut, limbah kulit pisang sangat berpotensi untuk diolah menjadi etil asetat karena dapat meningkatkan nilai ekonomis limbah kulit pisang.